



BUKU ABSTRAK SEMINAR NASIONAL HASIL PENELITIAN PERTANIAN VIII



22 September 2018

**Fakultas Pertanian
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta**

Peningkatan Hasil Kedelai dalam Sistem Agroforestri dengan Kayu Putih: Screening Varietas Kedelai Adaptif, Stabil dan Berdaya Hasil Tinggi	38
Potensi Klon Tebu (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Harapan Asembagoes sebagai Varietas Masak Tengah Unggul Baru di PT.Perkebunan Nusantara XI	39
Pelepasan Klon Tebu (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Harapan Vmc 86-550 sebagai Varietas Bina Unggul Baru dengan Tipe Kemasakan Awal dalam Mendukung Swasembada Gula Nasional	40
Keragaman Pertumbuhan MV2 Aster Cina (<i>Callistephus chinensis</i> L.) Hasil Mutasi Induksi Sinar Gamma	41
Karakterisasi Empat Varietas Cabai Keriting Lokal (<i>Capsicum annum</i> L.) Dataran Rendah pada Kedalaman Jeluk Tanam yang Berbeda	42
Daya Dominansi, Heterosis Mid Parent dan Heterosis High Parent F1 Kacang Panjang (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Ssp. Sesquipedalis) Hasil Persilangan Tiga Varietas	43
Teknik Hibridisasi Anggrek Hitam (<i>Coelogyne pandurata</i> Lindley) untuk Menambah Ragam Genetik dan Penyelamatan Kepunahan Genetik	44
Potensi Glagah (<i>Saccharum spontaneum</i> L.) dalam Program Pemuliaan Tebu (<i>S. officinarum</i> L.) Tahan Kekeringan	45
Evaluasi Karakter Agronomi Kedelai Varietas Detam 3 Prida Hasil Mutasi Iradiasi Sinar Gamma Generasi M2	46
Uji Karakteristik Berbagai Varietas Singkong di Gunung Kidul	47
Seleksi Galur-Galur Padi Generasi Lanjut untuk Sifat Hasil Tinggi di Lingkungan Tumbuh Rawan Salin	48
Korelasi dan Sidik Lintas Karakter Fisiologi Sembilan Varietas Kentang (<i>Solanum tuberosum</i> L.) di Dataran Tinggi dan Dataran Medium	49

13.30 – 13.45	Potensi Glagah (<i>Saccharum spontaneum</i> L.) dalam Program Pemuliaan Tebu (<i>S. officinarum</i> L.) Tahan Kekeringan	Aminatun Munawarti
13.45 – 14.00	Evaluasi Karakter Agronomi Kedelai Varietas Detam 3 Prida Hasil Mutasi Iradiasi Sinar Gamma Generasi M2	V. Pinasthika

Sesi 3- Moderator: Dr. Panji Sakti Basunanda, S.P., M.P.

14.00 – 14.15	Uji Karakteristik Berbagai Varietas Singkong di Gunung Kidul	Sukuriyatisusilo Dewi
14.15 – 14.30	Seleksi Galur-Galur Padi Generasi Lanjut untuk Sifat Hasil Tinggi di Lingkungan Tumbuh Rawan Salin	Nafisah
14.30 – 14.45	Korelasi dan Sidik Lintas Karakter Fisiologi Sembilan Varietas Kentang (<i>Solanum tuberosum</i> L.) di Dataran Tinggi dan Dataran Medium	Nindy Sevirasari
14.45 – 15.00	Ketahanan 8 Klon Teh (<i>Camelia sinensis</i> L.) terhadap <i>Helopeltis</i> Spp. serta Hubungannya terhadap Karakter Anatomi, Morfologi Dan Biokimia.	Dimas Tri Asmara
15.00 – 15.30	COFFEE BREAK	

Sesi 4- Moderator: Rani Agustina, S.P., M.P., Ph.D.

15.30 – 15.45	Tanggapan Varietas Padi terhadap Pengelolaan Air dalam Sistem Agroforestri dengan Kayu Putih	Puji Lestari Tarigan
15.45 – 16.00	Respons Benih Hanjeli (<i>Coix lachryma-jobi</i> L) Terdeteriorasi terhadap Invigorasi Benih serta Dampaknya terhadap Hasil	Dr.Ir. Sumadi, MS
16.00 – 16.15	Tanggapan Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Kultivar Bawang Merah (<i>Allium cepa</i> L. Kelompok Agregatum) dari Perbanyakan Biji terhadap Dosis Paklobutrazol	Prahesti Elizani

EVALUASI KARAKTER AGRONOMI KEDELAI VARIETAS DETAM 3 PRIDA HASIL MUTASI IRADIASI SINAR GAMMA GENERASI M₂

Vq Pinasthika¹⁾, Florentina Kusmiyati¹⁾ dan Syaiful Anwar¹⁾

¹ Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro

Email : vqpinasthika@student.undip.ac.id



Abstrak

Langkah pertama dalam pemuliaan tanaman adalah peningkatan keragaman genetik yang dapat dilakukan dengan cara mutasi. Keragaman yang muncul berguna dalam pemilihan karakter yang diinginkan untuk mendapatkan tanaman unggul. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keragaman kedelai varietas Detam 3 Prida hasil induksi mutasi dengan iradiasi sinar gamma generasi M₂ pada kondisi optimal sebagai bahan seleksi generasi selanjutnya. Iradiasi sinar gamma telah diaplikasikan pada kedelai Detam 3 Prida (M₀) dengan dosis iradiasi 0, 160, 208, 256, 304, 352, 400, 448, 496, 544, 592, dan 640 Gy yang ditanam pada tanah non-salin dan tanah salin 2 dS/m. Bahan tanam yang digunakan yaitu benih kedelai hasil tanaman M₁ yang telah ditanam pada tanah non-salin sejumlah 9 kode tanaman (123 benih), tanah salin 2 dS/m sejumlah 13 kode tanaman (277 benih), dan kultivar tetua (30 benih) yang kemudian ditanam di tanah latosol. Penelitian disusun dengan rancangan *single plant*, yaitu mengamati setiap individu tanaman. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah biji dan bobot biji. Data yang diperoleh dihitung koefisien keragamannya dan dianalisis sidik ragam (uji F) pada taraf 5% serta dilakukan pengelompokan dengan metode *average linkage* (*between groups*) dengan program SPSS versi 19 dan hasilnya disajikan dalam bentuk dendrogram. Hasil analisis dendrogram berdasarkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah biji, dan bobot biji menunjukkan 2 kelompok besar, yaitu kelompok A (163 tanaman) dan kelompok B (28 tanaman). Kelompok B merupakan tanaman terpilih untuk dilanjutkan seleksi selanjutnya karena menunjukkan perbedaan yang nyata serta terdapat keragaman yang luas berdasarkan jumlah daun, jumlah biji dan bobot biji.

Kata kunci: kedelai, mutasi, sinar gamma

1. PENGANTAR

Tanaman kedelai (*Glycine max* L.) merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang memiliki nilai ekonomi penting di Indonesia. Kedelai berkulit biji hitam atau biasa disebut kedelai hitam banyak digunakan sebagai bahan baku kecap. Salah satu varietas unggul kedelai hitam yaitu varietas Detam 3 Prida yang memiliki umur genjah 75 hari, potensi hasil mencapai 3,15 ton/ha, bobot biji 11,8 g/100 biji dan memiliki keunggulan agak toleran kekeringan (Balitkabi, 2016). Kebutuhan komoditas tanaman kedelai akan terus meningkat seiring dengan penambahan jumlah penduduk di Indonesia. Kebutuhan yang terus meningkat ini harus diimbangi dengan peningkatan produksi kedelai. Berdasarkan data BPS (2018) mencatat bahwa produksi kedelai pada tahun 2015 hanya terjadi peningkatan sebanyak 8.186 ton menjadi 963.183 ton biji kering dibandingkan dengan produksi pada tahun 2014 sebanyak 954.997 ton biji kering. Berdasarkan hal tersebut maka perlu adanya upaya yang dilakukan untuk meningkatkan produksi tanaman kedelai agar dapat mengimbangi kebutuhan masyarakat yang terus meningkat.

Program pemuliaan tanaman dapat menghasilkan tanaman kedelai yang unggul melalui mutasi. Pembentukan keragaman dapat dilakukan dengan mutasi secara induksi dengan sinar gamma yang dapat menyebabkan terjadinya mutasi gen yaitu perubahan yang terjadi pada

urutan basa pada DNA yang mengarah pada pembentukan variasi baru (Sutapa dan Kasmawan, 2016). Upaya lanjutan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keragaman genetik dan sekaligus untuk menyeleksi adalah dengan metode *shuttle breeding*. *Shuttle breeding* merupakan kegiatan pemuliaan yang diarahkan untuk mengatasi masalah biotik dan abiotik di wilayah yang luas dengan melakukan seleksi di lingkungan yang berbeda secara bergantian sehingga diperoleh materi genetik yang mantap sebagai bahan seleksi selanjutnya (Nur dan Syahrudin, 2016). Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji keragaman tanaman kedelai varietas Detam 3 Prida hasil induksi mutasi iradiasi sinar gamma generasi M_2 pada kondisi optimal sebagai bahan seleksi generasi selanjutnya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret - Juli 2018 di lahan percobaan dan Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang. Iradiasi sinar gamma telah diaplikasikan pada kedelai Detam 3 Prida (M_0) dengan variasi dosis iradiasi 0, 160, 208, 256, 304, 352, 400, 448, 496, 544, 592, dan 640 Gy yang ditanam pada tanah non-salin dan tanah salin 2 dS/m. Bahan tanam yang digunakan dalam penelitian yaitu benih kedelai hasil tanaman M_1 yang telah ditanam pada tanah non-salin sebanyak 9 kode tanaman yaitu 7-0-6, 1-0-3, 1-0-1, 1-0-17, 1-0-15, 5-0-8, 9-0-1, 2-0-8, 10-0-2 (123 benih), pada tanah salin 2 dS/m sebanyak 13 kode tanaman yaitu 1-1-1, 5-1-5, 5-1-6, 3-1-4, 3-1-2, 1-1-3, 2-1-14, 2-1-12, 1-1-2, 6-1-1, 6-1-2, 5-1-2, 1-1-14 (277 benih), dan kultivar tetua Detam 3 Prida (30 benih).

Benih kedelai hasil iradiasi sinar gamma generasi M_2 dan kultivar tetua Detam 3 Prida disemai dalam tray. Persemaian di *screen house* dipelihara dengan cara penyiraman 2 kali sehari hingga berumur 10 hari. Bibit kemudian ditanam pada tanah latosol (Tembalang, Semarang) dengan jarak tanam 40 x 40 cm. Pemupukan tanaman kedelai diberikan saat tanam dengan dosis urea 75 kg/ha, SP36 100 kg/ha dan KCl 100 kg/ha. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah biji dan bobot biji. Data yang bersifat kuantitatif dihitung nilai koefisien keragaman (KK) dan dianalisis secara statistik menggunakan analisis sidik ragam (uji F) dengan taraf signifikansi 5% dan dilakukan pengelompokan data matrik (*cluster analysis*) berdasarkan parameter tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah biji, bobot biji yang dilakukan dengan metode *Average Linkage (Between Groups)* yang digambarkan dalam sebuah dendrogram menggunakan program SPSS versi 19.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil persentase daya berkecambah menunjukkan bahwa benih kedelai varietas Detam 3 Prida hasil mutasi iradiasi sinar gamma pada generasi M_2 memiliki daya berkecambah yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan kultivar tetua Detam 3 Prida (Tabel 1). Daya berkecambah tertinggi yaitu pada kultivar tetua sebesar 100% diikuti dengan kode tanaman 1-

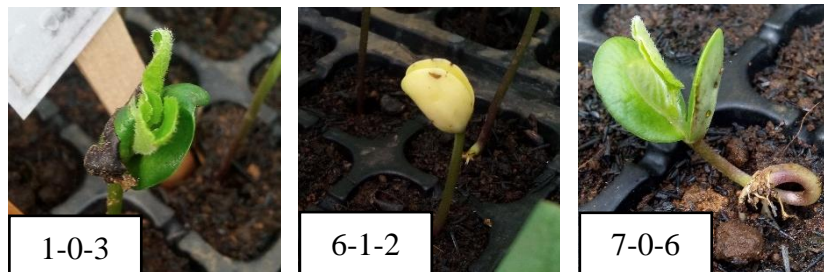
0-1 (160 Gy; 0 dS/m) sebesar 96,2%, sedangkan daya berkecambah terendah yaitu pada kode tanaman 1-1-14 (160 Gy; 2 dS/m) sebesar 21,1%. Berdasarkan persentase daya kecambah menunjukkan bahwa daya berkecambah benih kedelai Detam 3 Prida generasi M₂ memiliki nilai yang beragam dan menyebar secara acak terhadap dosis iradiasi sinar gamma. Penurunan daya berkecambah benih diduga disebabkan oleh iradiasi sinar gamma yang menyebabkan proses fisiologis pada benih menjadi terganggu sehingga benih tidak dapat berkecambah normal. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Khan dan Goyal (2009) bahwa efek penghambatan perkecambahan biji tidak hanya tampak pada generasi M₁ namun dapat berlanjut hingga generasi M₂. Benih kedelai generasi M₂ dengan jumlah total 400 benih yang dapat hidup hingga panen hanya sejumlah 175 tanaman.

Tabel 1. Daya berkecambah dan jumlah tanaman hidup kedelai varietas Detam 3 Prida generasi M₂

Kode tanaman	Jumlah benih total	Jumlah benih berkecambah normal	Daya berkecambah ------(%)-----	Jumlah tanaman hidup hingga panen
1-0-1	26	25	96,2	18
1-0-3	17	16	94,1	12
1-0-15	7	4	57,1	3
1-0-17	23	18	78,3	17
2-0-8	10	6	60,0	3
5-0-8	7	5	71,4	2
7-0-6	18	12	66,7	9
9-0-1	4	1	25,0	1
10-0-2	11	3	27,3	2
1-1-1	29	21	72,4	10
1-1-2	19	5	26,3	2
1-1-3	15	11	73,3	11
1-1-14	19	4	21,1	4
2-1-12	11	4	36,4	4
2-1-14	5	2	40,0	1
3-1-2	26	22	84,6	15
3-1-4	22	5	22,7	5
5-1-2	12	6	50,0	6
5-1-5	29	20	69,0	14
5-1-6	42	29	69,0	24
6-1-1	25	8	32,0	3
6-1-2	23	13	56,5	9
Kultivar Tetua Detam 3 Prida	30	30	100,0	16

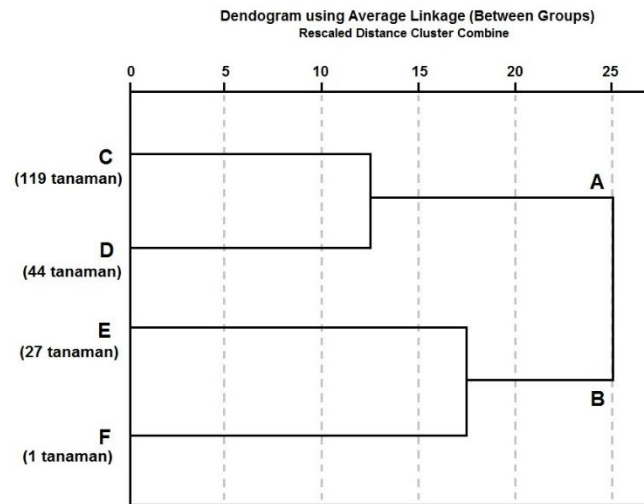
Kegagalan dalam perkecambahan ditunjukkan dengan munculnya kecambah abnormal yang terlihat yaitu terdapat kecambah yang memiliki bakal daun yang tidak sempurna pada kode tanaman 1-0-6 (160 Gy; 0 dS/m), kotiledon berwarna kuning pada kode tanaman 6-1-2 (400 Gy; 0 dS/m), dan hipokotil terlihat melengkung pada kode tanaman 7-0-6 (448 Gy, 0 dS/m). Radiasi akibat penyinaran merupakan sumber pembentukan *reactive oxygen spesies* (ROS) yang menyebabkan radikal oksigen (superoksida) yang terbentuk di dalam mitokondria dikonversi menjadi hydrogen peroksida yang kemudian menyebar dan dikonversi lagi menjadi radikal OH yang bersifat mutagenik (Widayati, 2012). Penurunan daya kecambah dan kemampuan hidup kedelai generasi M₂ diduga disebabkan oleh efek mutasi

yang diwariskan dari generasi sebelumnya sehingga menyebabkan metabolisme sel tanaman menjadi terganggu dan tidak dapat berkecambah normal. Menurut Van Doorn (2011), *programmed cell death* (PCD) merupakan bagian dari perkembangan tanaman selama pembentukan jaringan dan organ yang disebabkan oleh rusaknya vakuola (*vacuolar cell death*) atau respon terhadap stres biotik dan abiotik sehingga terjadi pecahnya membran plasma dan penyusutan protoplasma yang menyebabkan timbulnya nekrosis.



Gambar 1. Kecambah Abnormal Kedelai Detam 3 Prida Hasil Generasi M₂

Hasil analisis kluster yang terlihat pada dendogram menunjukkan sebanyak 191 tanaman yang terdiri dari 16 tanaman kultivar tetua dan 175 tanaman kedelai varietas Detam 3 Prida hasil iradiasi sinar gamma generasi M₂ terbagi menjadi dua kelompok besar (Gambar 2). Hasil tersebut menunjukkan adanya keragaman yang ditunjukkan pada karakter tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah biji, dan bobot biji. Dua kelompok besar tersebut yaitu kelompok A yang terdiri dari 163 nomor tanaman (termasuk didalamnya kultivar tetua Detam 3 Prida) dan kelompok B terdiri dari 28 nomor tanaman yang kemudian masing-masing membentuk dua sub kelompok besar. Kelompok A terbagi menjadi sub kelompok C (119 tanaman) dan sub kelompok D (44 tanaman). Kelompok B terbagi menjadi sub kelompok E (27 tanaman) dan terdapat satu kode tanaman yang terpisah (*outgroup*) yaitu pada nomor tanaman 1-0-17 tanaman ke-15 yang memiliki karakter tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah biji, dan bobot biji yang paling baik. Kelompok B tersebut terdiri dari nomor tanaman 6-1-2 tanaman ke-2, 4, 10, 11; 6-1-1 tanaman ke-5; 1-0-17 tanaman ke-15, 16, 18; 5-1-6 tanaman ke-2, 7, 12, 20, 22; 2-1-12 tanaman ke-4, 10-0-2 tanaman ke-3; 2-1-14 tanaman ke-1; 1-0-3 tanaman ke-14, 15; 1-0-1 tanaman ke-4, 6; 3-1-2 tanaman ke-8, 9, 10, 20; 5-0-8 tanaman ke-3; 5-1-2 tanaman ke-6; 3-1-4 tanaman ke-2; dan 1-0-15 tanaman ke-2 yang merupakan tanaman yang terpilih dan paling berpeluang untuk seleksi tahap selanjutnya karena berbeda kelompok dengan kultivar tetua Detam 3 Prida dan muncul karakter yang lebih baik apabila dibandingkan dengan kultivar tetua.



Gambar 2. Dendrogram Tanaman Kedelai Detam 3 Prida Generasi M_2

Berdasarkan hasil analisis pada tanaman terpilih (kelompok B) kedelai varietas Detam 3 Prida generasi M_2 berdasarkan tinggi tanaman menghasilkan nilai F-hitung yang lebih kecil dari F-tabel pada taraf 5%, sedangkan untuk karakter jumlah daun, jumlah biji dan bobot biji nilai F-hitungnya lebih besar dari F-tabel yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan (Tabel 2). Keragaman yang luas ditunjukkan pada karakter jumlah daun, jumlah biji, dan bobot biji berdasarkan nilai koefisien keragaman lebih dari 20%, sedangkan tinggi tanaman menunjukkan keragaman yang sempit berdasarkan nilai koefisien keragaman kurang dari 20%. Perbedaan respon tanaman dalam mutasi pada parameter yang diamati merupakan hal yang wajar terjadi karena mutasi bersifat acak sehingga dapat terciptanya keragaman dan variasi pada tanaman. Menurut BB-Biogen (2011), radiasi nuklir dengan sinar gamma memiliki energi yang tinggi sehingga memungkinkan terjadinya perubahan struktur maupun genetik tanaman secara mendadak, acak, dan diwariskan pada generasi selanjutnya. Jumlah daun tertinggi terlihat pada individu dengan kode tanaman 1-0-17 tanaman ke-15. Peningkatan jumlah daun pada tanaman kedelai akan menyebabkan proses fotosintesis berjalan lebih optimal yang menyebabkan produksi polong dan biji akan meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat Dalfiansyah dkk. (2016) yang menyatakan bahwa mutasi dapat mempengaruhi jumlah daun sehingga menunjang proses fotosintesis secara maksimal, akibatnya asimilat akan terbentuk lebih banyak sehingga pembelahan sel dan pembentukan bunga akan berlangsung lebih cepat dan banyak.

Tanaman yang dapat menghasilkan produksi paling baik berdasarkan jumlah biji terlihat pada kode tanaman 3-1-2 tanaman ke-20 (526 biji) dan berdasarkan bobot biji pada kode tanaman 1-0-1 tanaman ke-4 (59,07 g). Radiasi sinar gamma dapat meningkatkan produksi pada beberapa kode tanaman, hal tersebut diduga karena pada generasi M_2 tanaman telah mengalami pemulihan kerusakan sel dan dalam tubuh tanaman sehingga memiliki sistem pertahanan yang baik yang menyebabkan efek buruk akibat mutasi dapat ditekan dan memunculkan karakter yang baik. Setiawan dkk. (2015) menyatakan bahwa pada generasi selanjutnya kerusakan fisiologis yang terjadi akibat mutasi akan berangsur pulih dan sel mengalami *recovery*, dan gen yang telah termutasi akan diwariskan ke generasi selanjutnya.

Tabel 2. Tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah biji, dan bobot biji tanaman kedelai varietas Detam 3 Prida generasi M₂ pada beberapa nomor tanaman terpilih (kelompok B)

Kode Tanaman	Tanaman ke-	Tinggi Tanaman ----- (cm) -----	Jumlah Daun ----- (helai) -----	Jumlah Biji ----- (buah) -----	Bobot Biji ----- (g) -----
1-0-1	4	55.00	183.00	360.00	59.07
	6	67.00	141.00	344.00	42.32
1-0-3	14	65.00	162.00	366.00	42.30
	15	52.00	195.00	372.00	46.73
1-0-15	2	43.00	144.00	365.00	55.88
1-0-17	15	53.00	246.00	241.00	23.28
	16	57.00	219.00	327.00	39.59
	18	44.00	180.00	369.00	32.48
2-1-12	4	53.00	144.00	259.00	34.69
2-1-14	1	49.00	219.00	431.00	46.92
3-1-2	8	57.00	126.00	481.00	51.97
	9	56.00	132.00	442.00	52.22
	10	51.00	150.00	412.00	42.97
	20	56.50	126.00	526.00	49.24
3-1-4	2	42.00	144.00	356.00	41.64
5-0-8	3	54.00	156.00	389.00	48.06
5-1-2	6	52.00	123.00	409.00	43.02
5-1-6	2	56.00	141.00	369.00	42.21
	7	57.00	135.00	280.00	33.68
	12	56.00	129.00	341.00	46.68
	20	55.00	141.00	253.00	29.99
	22	41.00	144.00	332.00	40.10
6-1-1	5	56.00	180.00	245.00	20.37
6-1-2	2	53.00	126.00	351.00	35.04
	4	59.00	180.00	257.00	27.96
	10	57.00	180.00	311.00	28.82
	11	64.00	186.00	300.00	38.00
10-0-2	3	60.00	165.00	229.00	32.96
Kultivar Tetua Detam 3 Prida (n=16)		37.69	87.56	227.50	26.43
F-hitung		1.64	4.05*	4.48*	3.51*
KK (%)		12.94	21.71	22.12	24.45

Keterangan : Angka yang diikuti tanda (*) menunjukkan berbeda nyata (signifikan) pada taraf 5%

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil penelitian adalah hasil analisis dendrogram berdasarkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah biji dan bobot biji menunjukkan 2 kelompok besar yaitu kelompok A (163 tanaman) dan kelompok B (28 tanaman). Kelompok B merupakan tanaman terpilih untuk dilanjutkan seleksi tahap berikutnya karena berdasarkan jumlah daun, jumlah biji dan bobot biji terdapat perbedaan yang nyata berdasarkan analisis sidik ragam (uji F) pada taraf 5% serta menunjukkan keragaman yang luas (KK>20%). Keragaman yang telah didapatkan diharapkan dapat sebagai bahan referensi untuk seleksi selanjutnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik (BPS). 2018. Produksi Kedelai Menurut Provinsi (ton), 1993-2015. <http://www.bps.go.id>. Diakses pada tanggal 2 September 2018.

- Balitkabi. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Aneka Kacang dan Umbi. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id>. Diakses pada tanggal 28 Juli 2018.
- BB-Biogen (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian). 2011. Pemanfaatan sinar radiasi dalam pemuliaan tanaman. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* Vol XXXIII (1) : 7-8.
- Dalfiansyah, Zuyasna, dan S. Hafsah. 2016. Seleksi mutan generasi ke dua (M2) kedelai kipas putih terhadap produksi dan kualitas biji yang tinggi. *Jurnal Agrista* Vol XX (3) : 115-125.
- Khan, S. dan S. Goyal. 2009. Improvement of mugbean varieties through induced mutations. *Journal African of Plant Science*. III (8) : 174-180.
- Nur, A. dan K. Syahrudin. 2016. Aplikasi Teknologi Mutasi dalam Pembentukan Varietas Gandum Tropis. Jakarta :IAARD Press.
- Setiawan, R. B., N. Khumaida, dan D. Diniari. Induksi mutasi kalus embriogenik gandum (*Triticum aestivum* L.) melalui iradiasi sinar gamma untuk toleransi suhu tinggi. 2015. *Jurnal Agronomi Indonesia* Vol XLIII (1) : 36-44.
- Sutapa, G. N. dan I. G. A. Kasmawan. 2016. Efek induksi mutasi radiasi gamma ^{60}Co pada pertumbuhan fisiologis tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* L.). *Jurnal Keselamatan Radiasi dan Lingkungan* Vol I (2) : 5-11.
- Van Doorn, W.G., E.P. Beers, J.L. Dangl, V.E. Franklinton, P. Gallois, I.H. Nishimura, A.M. Jones, K. Yamada, E.J. Lam, I.A.J. Mundy, M. Mur, A. Petersen, M. Smertenko, F. Talianky, T. Van Breusegem, E. Wolpert, B. Woltering, Zhivotovsky, P.V. Bozhkov. 2011. Morphological classification of plant cell deaths. *Cell Death and Differentiation*: 1-6.
- Widayati, E. 2012. Oksidasi biologi, radikal bebas, dan antioxidant. *Jurnal Majalah Ilmiah Sultan Agung* Vol L (128) : 26-32.